

ANALISIS *LOW FLOW* MENGGUNAKAN MODEL HEC-HMS 3.1 UNTUK KASUS SUB DAS KRANGGAN

*(Low Flow Analisis with HEC-HMS 3.1 Model Case Study at
Kranggan Sub Basin)*

Teguh Marhendi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. Raya Dukuh Waluh PO BOX 202 Purwokerto 53182
Email: t_marhendi@yahoo.com

ABSTRAK

Pengalihragaman hujan menjadi aliran (*Rainfall-runoff transformation*), merupakan suatu proses yang sangat kompleks. Input hujan mengandung variabilitas ruang dan waktu yang sangat tinggi serta tidak dapat diperkirakan untuk beberapa waktu ke depan. Dengan demikian akan memerlukan analisis hidrologi yang sangat kompleks serta memerlukan hitungan yang sangat banyak. Analisis yang dapat dilakukan adalah dengan mengandaikan suatu proses transformasi terjadi mengikuti kondisi tertentu. Kondisi atau aturan ini yang kemudian dikenal sebagai model hidrologi. Tulisan ini mencoba menganalisis *low flow* pada Subdas Kranggan di Borobudur menggunakan Software HEC-HMS 3.1. Software HEC-HMS3.1 (*Hydrologic Modelling System*) dirancang untuk menghitung proses hujan–aliran suatu sistem DAS. Software ini dikembangkan oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) dari US Army Corps of Engineering (2005), yang merupakan pengembangan dari HEC-1. Dalam HEC-HMS 3.1 terdapat fasilitas kalibrasi, kemampuan simulasi model distribusi, model kontinyu dan kemampuan membaca data GIS. Berdasarkan analisis sensitivitas, parameter *surface capacity* dan *max infiltration rate* memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan hasil kalibrasi apabila kedua parameter tersebut diubah besarnya. Perubahan hasil kalibrasi akibat sensitivitas parameter *surface capacity* dan *max infiltration rate* menunjukkan bahwa parameter ini sangat sensitif terhadap perubahan yang terjadi pada sub DAS tersebut atau besaran parameter ini sangat mempengaruhi sistem aliran air tahunan pada Sub DAS tersebut.

Kata Kunci: *Low flow, HEC-HMS 3.1, Subdas Kranggan*

ABSTRACT

Rainfall-runoff transformation is one that very compleceted process in hydrology. The inputs are included a height spacial variabilitas and time and then unpredicteble to future. So, its needs a compleceted calculation and more analisis hydrology. This paper is aimed to analisis low flow to Kranggan Sub Basin with HEC-HMS 3.1 model. The model is designed to calculation a rainfall-runoff processes on watershed. The Software was developed by Hydrologic Engineering Center (HEC) from US Army Corps of Engineering (2005), that it was developed from HEC-1. Fitures configuration HEC-HMS 3.1 model are include calibration, distribution model simulation utility, continues model and GIS data reading. The result of analisis sensitivity, parameter surface capacity and max infiltration rate result are influence to calibration its due parameters changed. The change of calibration is caused by sensitivity parameter surface capacity and max infiltration rate showed that this parameter very sensitivied to the sub basin or influenced to annual flow sistem

Key word: *Low flow, HEC-HMS 3.1, Kranggan Sub Basin*

PENDAHULUAN

Pengalihragaman hujan menjadi aliran (*Rainfall-runoff transformation*), pada proses hidrologi merupakan suatu proses yang sangat kompleks. Seperti dipahami, input hujan mengandung variabilitas ruang dan waktu yang sangat tinggi serta tidak dapat diperkirakan untuk beberapa waktu ke depan. Dengan demikian akan memerlukan analisis hidrologi yang sangat kompleks serta memerlukan hitungan yang sangat banyak.

Harus dipahami, bahwa hujan mempunyai lingkaran pengaruh (*circle of influence*) yang sangat sempit (Made, 1987, dalam Sri Harto, 2000). Sementara analisis hidrologi umumnya dilakukan untuk DAS yang cukup besar. Kejadian hujan merata (*evently distributed*) hampir tidak pernah ada dan merupakan upaya penyederhanaan masalah. Penyebaran hujan sangat sulit dikenali akibat kerapatan jaringan stasiun hujan yang tidak baik. Demikian pula, pola distribusi hujan jam-jaman yang sangat *eratic* makin memperbesar kesulitan dalam mengenali sifat masukan.

Kondisi kompleks tersebut menyebabkan kesulitan melakukan analisis hidrologi dengan tepat. Analisis yang dapat dilakukan adalah dengan mengandaikan suatu proses transformasi terjadi mengikuti kondisi tertentu. Kondisi yang dimaksudkan harus sedekat mungkin mencerminkan karakter DAS yang dianalisis. Kondisi atau aturan ini yang kemudian dikenal sebagai model hidrologi.

MODEL HIDROLOGI

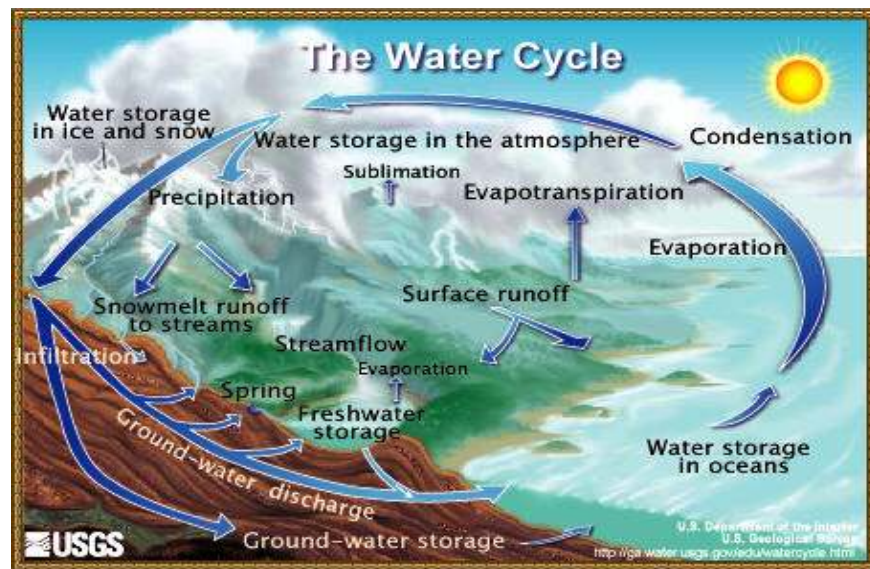
Model hidrologi adalah sebuah sajian sederhana dari sebuah sistem hidrologi yang kompleks (Gambar 1). Menurut Dooge, 1979, model adalah struktur, alat, skema, atau prosedur nyata yang menghubungkan masukan, sebab, tenaga dan keluaran, pengaruh dalam referensi waktu tertentu. Ponce, 1989, menjelaskan bahwa model (matematik) sebagai suatu set pernyataan matematik yang menyatakan hubungan antar fase dan siklus hidrologi dengan tujuan mensimulasikan transformasi hujan menjadi aliran. Sementara menurut Clarke, 1973, model ditakrifkan sebagai simplifikasi dari suatu sistem yang kompleks, baik berupa fisik, analog atau matematik.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat diambil pemahaman bahwa model merupakan suatu integrasi dari semua proses hidrologi, diperlukan untuk analisis, perancangan, prakiraan jangka panjang, peramalan banjir (*real time flood forecasting*) serta untuk simulasi transformasi hujan menjadi aliran sungai (Sri Harto, 2000).

PENGUNAAN MODEL HEC-HMS PADA ANALISIS LOW FLOW

Seperti dijelaskan di atas, bahwa proses hidrologi merupakan suatu proses yang sangat kompleks dimana input hujan mengandung variabilitas ruang dan waktu yang sangat tinggi serta tidak dapat diperkirakan untuk beberapa waktu ke depan. Untuk mendapatkan hasil hitungan yang akurat sangat memerlukan analisis dan hitungan yang cukup banyak. Untuk membantu analisis yang cukup rumit tersebut, penggunaan model menjadi penting karena dianggap dapat mewakili analisis yang mendekati kondisi asli.

Software HEC-HMS (*Hydrologic Modelling System*) dirancang untuk menghitung proses hujan-aliran suatu sistem DAS. Software ini dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) dari *US Army Corps of Engineering* (2005), yang merupakan pengembangan dari HEC-1. Dalam HEC-HMS terdapat fasilitas kalibrasi, kemampuan simulasi model distribusi, model kontinyu dan kemampuan membaca data GIS. Dengan fasilitas tersebut, HEC-HMS dirasa cukup untuk digunakan dalam analisis yang mewakili kondisi sesungguhnya. Dengan bantuan fasilitas kalibrasi yang dimiliki HEC-HMS, maka hasil yang diperoleh dapat mendekati dengan kondisi aslinya atau sesuai observasi.



Gambar 1 Siklus Hidrologi

Salah satu contoh penggunaan HEC-HMS untuk analisis *low flow* adalah seperti penelitian yang dilakukan oleh Novitasari, 2003, yang meneliti tentang Analisis Tanggapan Daerah Aliran Sungai terhadap Perubahan Tataguna Lahan (Studi Kasus Satuan Sungai Barito Sub DAS Negara Hulu). Penelitian ini memanfaatkan software HEC-HMS untuk simulasi aliran kontinu (*Continuous flow*) dengan aplikasi pada *Soil Moisture Accounting* (SMA). Penekanan simulasi dengan HEC-HMS ini dilakukan terhadap kontribusi *Groundwater* pada sistem sungai. Pada penelitian ini, dilakukan kalibrasi menggunakan *full automatic* kalibrasi dan *semi automatic* kalibrasi. Kedua cara tersebut dilakukan untuk melihat perbedaan pengaruh yang terjadi akibat perubahan tataguna lahan. Pada kalibrasi semi automatic, dilakukan dengan memberikan bobot pada parameter yang dipengaruhi oleh tataguna lahan sedang parameter lainnya dibiarkan dengan proses kalibrasi.

Hasil penelitian menunjukkan, dari tahun 1985 sampai 2000 telah terjadi penurunan aliran air tanah tahunan yang masuk ke sistem sungai pada Sub DAS I Tabalong dan Sub DAS III Amuntai sebesar 18.84 % dan 19.25 %. Sedangkan Sub DAS II Pintap dan Sub DAS IV Balangan terjadi kenaikan aliran air tanah sebesar 20.59 % dan 41.03 %.

APLIKASI UNTUK KASUS SUB DAS KRANGGAN

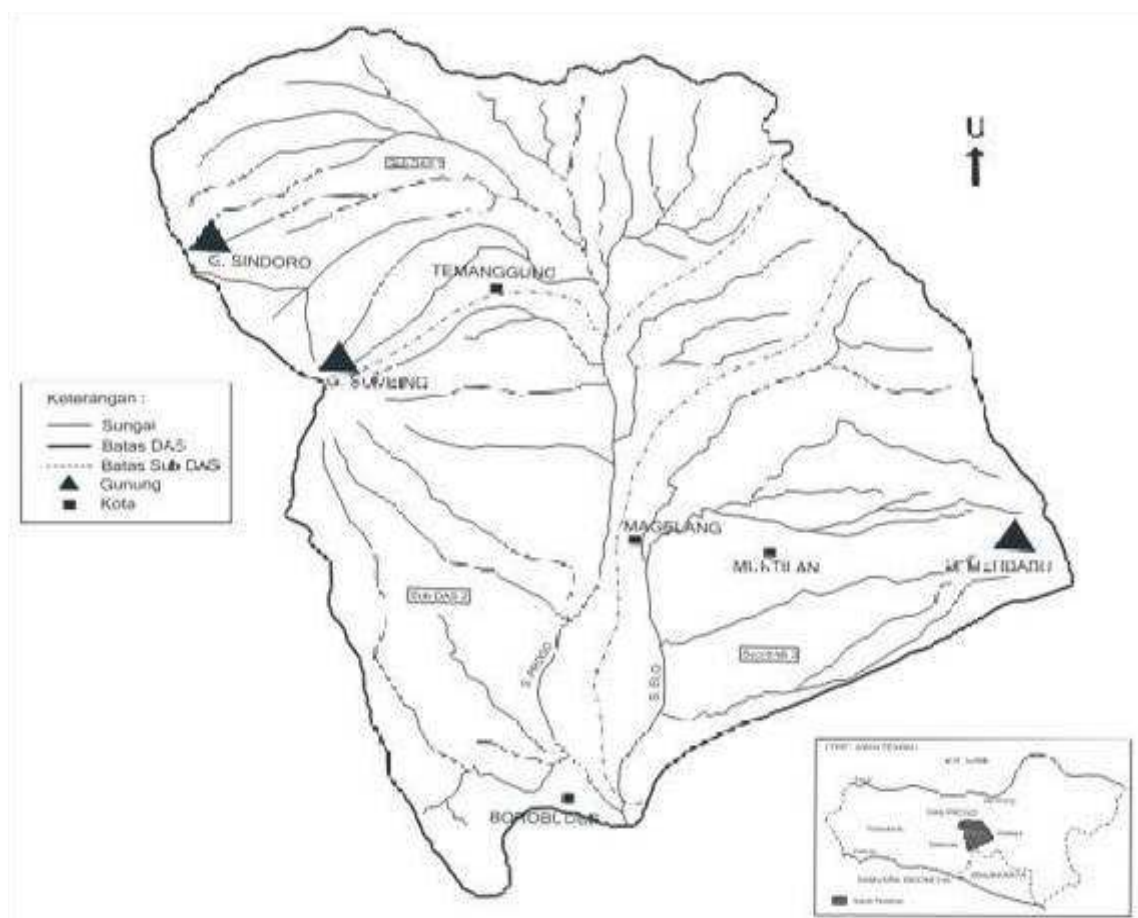
Gambaran Contoh Kasus

Contoh kasus untuk aplikasi *software* ini menggunakan data SubDAS Progo di Kranggan. Luas Subdas Kranggan 443,4 km². Data hujan dan debit yang digunakan adalah tahun 1991, sedang data penguapan menggunakan data dari tahun 1977 sampai tahun 1982. Metode perhitungan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Metode Simulasi untuk Sub DAS Kranggan

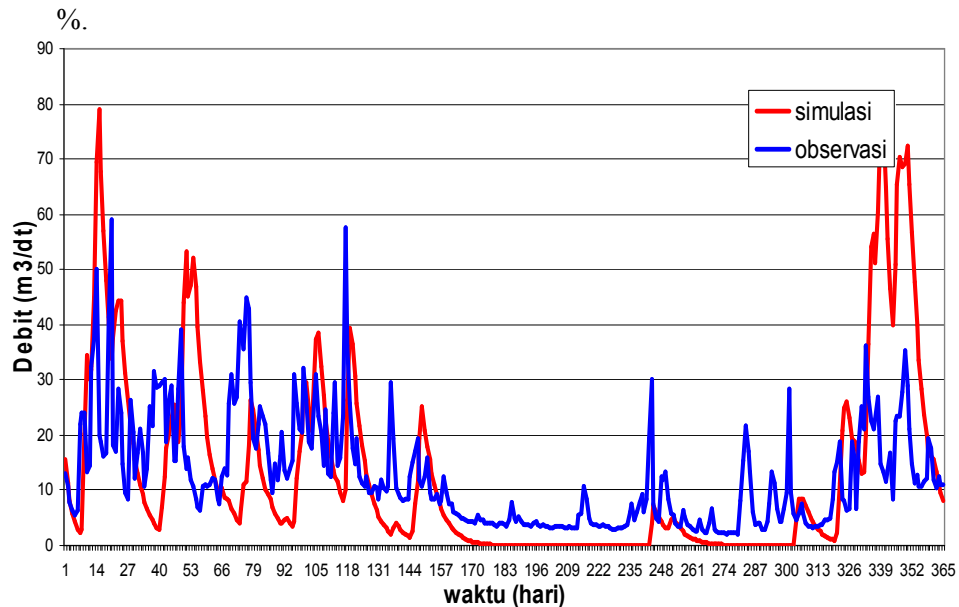
No	Model	Metode
1	Hujan	<i>User hyetograph</i>
2	<i>Volume runoff</i>	<i>SMA</i>
3	<i>Direct runoff</i>	<i>Clark's UH</i>
4	<i>Baseflow</i>	<i>Exponential recession</i>
5	<i>Routing</i>	<i>Muskingum</i>

Berdasarkan gambaran kasus di atas dapat dihitung berapa besar debit tahunan, aliran rendah pada musim kering dan simpanan air tanah tahunan pada Sub DAS Kranggan. Gambaran Sub DAS Kranggan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.

**Gambar 2 Peta Sub DAS Kranggan**

Hasil kalibrasi Analisis *Low Flow* Sub DAS Kranggan

Untuk mendapatkan hasil kalibrasi yang optimal, dilakukan beberapa trial kalibrasi sampai diperoleh hasil kalibrasi yang paling optimal. Pada awal kalibrasi dilakukan menggunakan sistem *full automatic* kalibrasi yaitu dengan membiarkan semua parameter menjalani proses kalibrasi. Setelah dianggap mendekati optimal, kalibrasi dilanjutkan dengan sistem semi automatic kalibrasi, yaitu dengan mengunci beberapa parameter yang dianggap konstan sesuai hasil kalibrasi. Proses ini dilakukan terus-menerus sampai semua parameter dianggap konstan sesuai hasil kalibrasi.



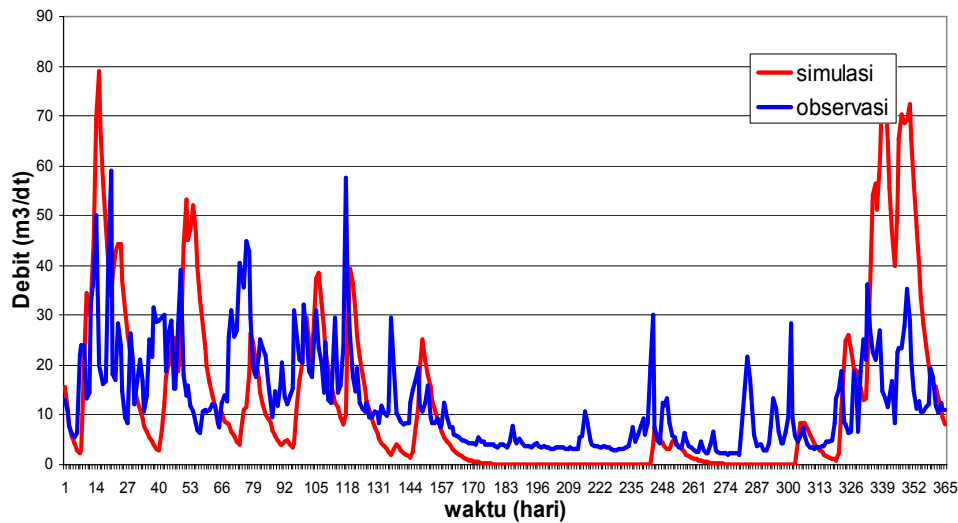
Gambar 3 Grafik hasil kalibrasi Sub DAS Kranggan Tahun 1992

Dari beberapa trial yang telah dilakukan diperoleh hasil kalibrasi yang dianggap optimum adalah seperti Gambar 3 berikut ini. Pada kalibrasi ini didapat perbedaan hasil dengan observasi adalah volume *error* sebesar 2 % sedangkan *peak error* sebesar 33,75

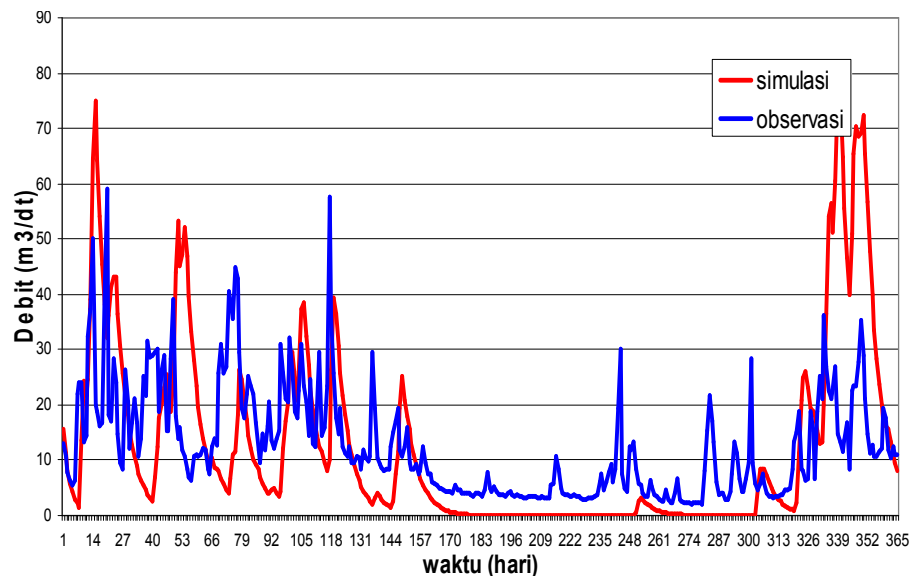
Analisis sensitivitas hasil kalibrasi

Analisis sensitivitas hasil kalibrasi, dilakukan melalui proses kalibrasi lagi dengan merubah parameter yang akan dilihat sensitivitasnya. Pada analisis ini akan dilakukan analisis sensitivitas dengan merubah beberapa parameter yang dianggap sensitiv terhadap perubahan hasil kalibrasinya, kemudian dilakukan kalibrasi.

Pada analisis pertama dilakukan perubahan pada parameter *initial canopy* yaitu dengan menaikkan initial value menjadi 6.5 dari sebelumnya 6 sementara parameter lainnya dalam kondisi terkunci. Hasil yang terjadi akibat perubahan tersebut ternyata menunjukkan hasil kalibrasi yang sama dengan sebelumnya. Hal ini berarti perubahan *initial canopy* tidak mempengaruhi perubahan hasil kalibrasi. Gambar 4 berikut adalah grafik hasil kalibrasi setelah perubahan *initial canopy*.



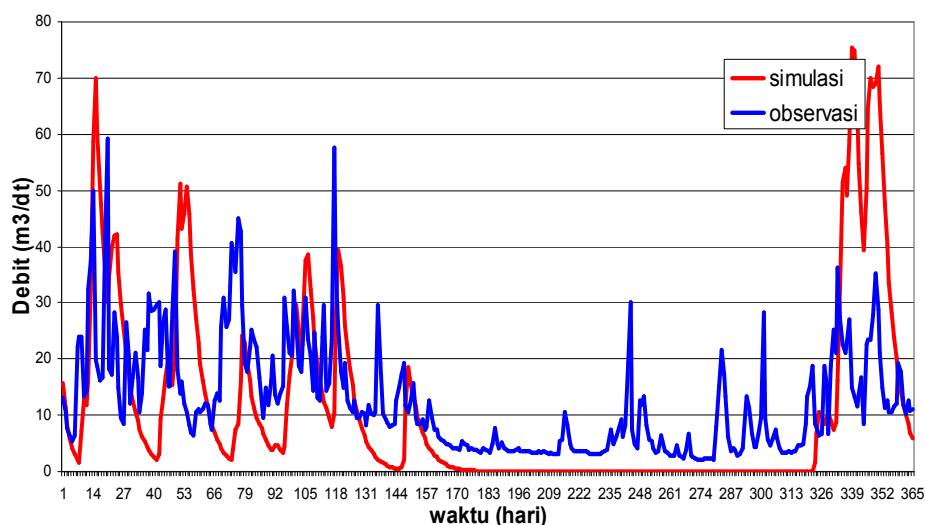
Gambar 4 Grafik hasil kalibrasi dengan perubahan *initial canopy*



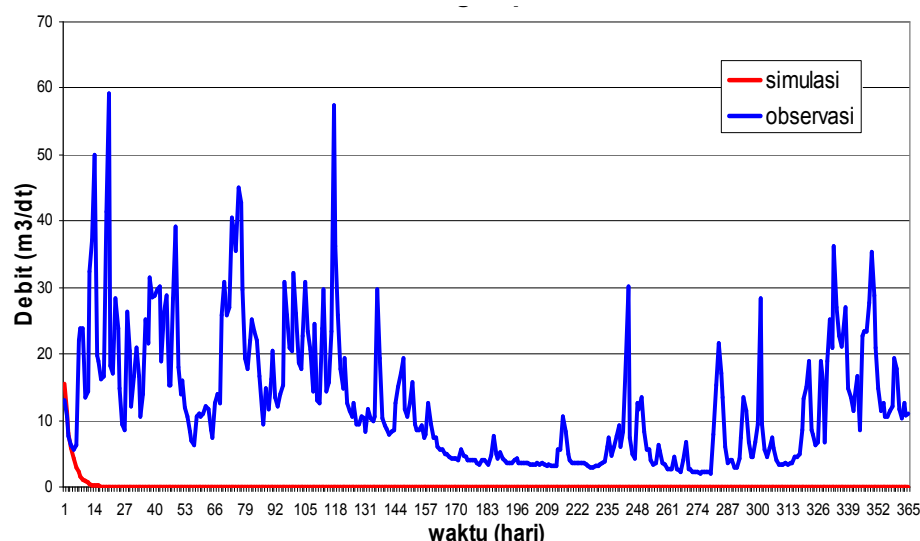
Gambar 5 Hasil kalibrasi dengan merubah parameter *canopy capacity*

Pada analisis berikutnya dilakukan perubahan pada parameter *canopy capacity* yaitu dengan membiarkan parameter *canopy capacity* mengalami kalibrasi sedang parameter lainnya terkunci. Hasil yang terjadi akibat perubahan tersebut menunjukkan perubahan pada volume error sebesar -1% atau naik sebesar 1 % dari sebelumnya dan *peak error* sebesar 29,88 % atau naik sebesar 3,87 %. Ini berarti perubahan tersebut tidak terlalu sensitif terhadap perubahan hasil kalibrasi. Hasil kalibrasi dengan merubah *canopy capacity* dapat dilihat pada Gambar 5.

Berikutnya dilakukan perubahan terhadap parameter *surface capacity* dengan menaikkan dari sebelumnya 48,761 menjadi 49 dan membiarkan mengalami kalibrasi, sementara parameter lain terkunci. Hasil kalibrasi menunjukkan terjadi perubahan volume error sebesar 13 % atau naik 11 % dan *peak error* sebesar 27,631 % atau turun 6.119 %. Dengan demikian terlihat, bahwa perubahan *surface capacity* menimbulkan perubahan cukup berarti terhadap hasil kalibrasi yang terjadi. Grafik hasil kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Hasil kalibrasi dengan merubah parameter *surface capacity*



Gambar 7 Hasil kalibrasi dengan merubah parameter *max infil rate*

Untuk analisis sensitivitas selanjutnya dilakukan dengan merubah parameter *max infil rate* yaitu dengan menaikkan dari 135. 144 menjadi 140. Hasil yang diperoleh dari perubahan ini menunjukkan perubahan volume error sebesar -99 % dari sebelumnya 2 % dan peak error berubah 73,531 % dari sebelumnya 33,75 %. Hal ini menunjukkan parameter *max infil rate* sangat sensitiv terhadap hasil kalibrasi. Grafik hasil perubahan pada *max infil rate* dapat dilihat pada

Gambar 7. Hasil analisis sensitivitas selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

PEMBAHASAN HASIL OPTIMASI

Berdasarkan hasil kalibrasi yang diperoleh dapat dijelaskan bahwa hasil kalibrasi yang dianggap optimal adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 4 dengan *volum error* 2% dan *peak error* 33.75 %. Kalibrasi dilakukan dengan proses awal *full automatic* kalibrasi, kemudian *semi automatic* kalibrasi. Parameter hasil kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Hasil analisis sensitivitas beberapa parameter

No	Parameter diubah	Volum error awal (%)	Peak error awal (%)	Volum error akhir (%)	Peak error akhir (%)	Keterangan
1	Init canopy storage	2	33.75	2	33.75	Konstan
2	Init surface storage	2	33.75	2	33.75	Konstan
3	Init soil storage	2	33.75	2	33.75	Konstan
4	<i>Canopy capacity</i>	2	33.75	-1	29.88	Berubah
5	<i>Surface capacity</i>	2	33.75	13	27.631	Sensitif
6	Soil capacity	2	33.75	2	33.75	Konstan
7	<i>Tension zone cap</i>	2	33.75	-3	31.54	Berubah
8	<i>Max infil rate</i>	2	33.75	-99	73.531	Sensitif
9	Max soil perc rate	2	33.75	2	33.75	Konstan
10	Gw1 init storage	2	33.75	2	33.75	Konstan
11	Gw1 capacity	2	33.75	2	33.75	Konstan
12	Gw1 max perc rate	2	33.75	2	33.75	Konstan
13	Gw1 storage coef	2	33.75	2	33.75	Konstan
14	Gw2 init storage	2	33.75	2	33.75	Konstan
15	Gw2 capacity	2	33.75	2	33.75	Konstan
16	Gw2 max perc rate	2	33.75	2	33.75	Konstan
17	Gw2 storage coef	2	33.75	2	33.75	Konstan
18	Time of concentr	2	33.75	2	33.75	Konstan
19	<i>Clark storage coef</i>	2	33.75	1	30.87	Berubah
20	Initial baseflow	2	33.75	2	33.75	Konstan
21	<i>Recession constant</i>	2	33.75	1	33.69	Berubah
22	Recession threshold	2	33.75	2	33.75	Konstan

Dari analisis sensitivitas yang dilakukan dapat dijelaskan bahwa tidak semua parameter bersifat sensitif terhadap perubahan hasil kalibrasi. Berdasarkan Tabel 2, dari 22 parameter, hanya perubahan 6 parameter yang memberikan pengaruh terhadap hasil kalibrasi, yaitu parameter *canopy capacity*, *surface capacity*, *tension zone capacity*, *max infiltration rate*, *clark storage coefficient* dan *recession constant*. Dari 6 parameter tersebut yang dianggap paling sensitif adalah parameter *max infiltration rate*, dimana perubahan yang dilakukan terhadap parameter ini menimbulkan perubahan hasil kalibrasi yang cukup besar. Dengan menaikkan parameter tersebut sekitar 5 mm/jam (dari 135,144 menjadi 140), perubahan hasil kalibrasi yang terjadi cukup besar dengan volum error mencapai -99% dan peak error mencapai 73,531 dari sebelumnya 2% dan 33,75 %. *Surface capacity* memberikan perubahan cukup besar yaitu volum error 13 % dan peak error 27,631 %, namun lebih kecil pengaruhnya dibanding *max infiltration rate*. Adapun parameter lain seperti *canopy capacity*, *tension zone capacity*, *clark storage coefficient* dan *recession constant*, meskipun menimbulkan perubahan hasil kalibrasi, namun tidak signifikan. Sementara parameter lain secara umum dengan perubahan yang dilakukan, tidak menimbulkan perubahan hasil kalibrasi.

Tabel 3 Parameter Kalibrasi Sub DAS Kranggan tahun 1992

Parameter	Units	Init value	Min	Max
<i>Init Canopy Storage</i>	%	6.000	0.000	100.000
<i>Init Surface Storage</i>	%	6.000	0.000	100.000
<i>Init Soil Storage</i>	%	6.000	0.000	100.000
<i>Canopy Capacity</i>	mm	59.037	0.100	60.000
<i>Surface Capacity</i>	mm	48.761	0.100	50.000
<i>Soil Capacity</i>	mm	54.004	0.100	60.000
<i>Tension Zone Capacity</i>	mm	0.489	0.100	30.000
<i>Max Infil Rate</i>	mm/hr	135.144	0.010	150.000
<i>Max Soil Perc Rate</i>	mm/hr	53.114	0.010	70.000
<i>GW1 Init Storage</i>	%	10.000	0.000	100.000
<i>GW1 Capacity</i>	mm	170.538	0.100	180.000
<i>GW1 Max Perc Rate</i>	mm/hr	99.510	0.010	100.000
<i>GW1 Storage Coef</i>	hr	0.100	0.100	50.000
<i>GW2 Init Storage</i>	%	10.000	0.000	100.000
<i>GW2 Capacity</i>	mm	1.500	0.100	100.000
<i>GW2 Max Perc Rate</i>	mm/hr	5.000	0.010	50.000
<i>GW2 Storage Coef</i>	hr	0.500	0.100	50.000
<i>Time of Concentration</i>	hr	8.000	0.000	30.000
<i>Clark Storage Coefficient</i>	hr	138.980	0.010	150.000
<i>Initial Baseflow</i>	cms	15.643	0.001	20.000
<i>Recession Constant</i>	n/a	0.720	0.000	1.000
<i>Recession Threshold Flow</i>	cms	0.923	0.000	1.000

Dari analisis sensitivitas terlihat bahwa parameter surface capacity dan max infiltration rate menunjukkan pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan hasil kalibrasi. Hal ini menunjukkan bahwa parameter ini sangat sensitif terhadap perubahan yang terjadi pada Sub DAS tersebut. Artinya perubahan besaran parameter ini sangat mempengaruhi sistem aliran tahunan pada Sub DAS tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis *low flow* pada Subdas Kranggan di atas, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut,

1. Hasil kalibrasi terbaik yang dilakukan memberikan volum *error* sebesar 2 % dan peak *error* sebesar 33,75 %.
2. Berdasarkan analisis sensitivitas, disimpulkan bahwa parameter *surface capacity* dan *max infiltration rate* memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan hasil kalibrasi apabila kedua parameter tersebut diubah besarnya.
3. Perubahan hasil kalibrasi akibat sensitivitas parameter *surface capacity* dan *max infiltration rate* menunjukkan bahwa parameter ini sangat sensitif terhadap perubahan yang terjadi pada sub DAS tersebut atau besaran parameter ini sangat mempengaruhi sistem aliran air tahunan pada Sub DAS tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananto H., dan Burhan B., 1999, *Model Hidrologi*, Makalah Seminar Hidrologi, Program Pascasarjana Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta
- Chow, V. T., Meidment, D.R. and Mays, L.W., 1988, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill Book Company, Singapore
- Diskin, M.H., 1970, *Research approach to watershed modeling, definition of terms*, ARS and SCS watershed modeling workshop, Tucson, AZ.
- Dooge, J., C., I., 1979, *Deterministics Method in Hydrology*, Part A, pp 1 – 10, pp 131 – 135 and 237 – 250, IHE Delft, Netherlands
- Novitasari, 2003, Analisis Tanggapan Daerah Aliran Sungai Terhadap Perubahan Tataguna Lahan (Studi Kasus Satuan Wilayah Sungai Barito Sub Daerah Aliran Sungai Negara Hulu), pascasarjana UGM
- Sri Harto, 2000, *Hidrologi : Teori, Masalah dan Penyelesaian*, Penerbit Naviri, Yogyakarta
- Sri Harto, 1993, *Analisis Hidrologi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Sri Harto dan Sudjarwadi, 1989, *Model Hidrologi*, PAU Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta
- US Army Corp of Engineer, 2005, *Hydrologic Engineering Center-Hydrology Modelling System (HEC-HMS)*, Approved for Public Release – Distribution Unlimited
- USACE, 1995, *HEC-DSS user's guide and utility manuals*. Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.
- Woolhiser, D.A., and Brakensiek, D.L., 1982, *Hydrologic system synthesis, Hydrologic modeling of small watersheds*, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MO.